

# 報告 鉛直打継ぎ面を有する RC 造梁の実験的研究

伊藤倫顕\*1・長 稔\*1・松浦恒久\*1・戸田哲雄\*1

要旨：鉄筋コンクリート造梁部材を対象に、コンクリートに埋設された鉛直打継ぎ材が梁部材に及ぼす影響を確認することを目的として、計5体の試験体の曲げせん断加力実験を実施した。実験の結果、鉛直打継ぎ面を有する梁部材は一体打ちの梁部材と比較しても強度と変形性能に差がないことが確認された。

キーワード：鉄筋コンクリート、打継ぎ材、打継ぎ面、梁部材

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RCと称す）造構造物のコンクリート工事においては、水平および鉛直の打継ぎ面を設ける場合がある。従来より、鉛直打継ぎ面の処理は水平打継ぎ面に比べて作業性が悪く、構造的に一体性を確保することが困難な箇所である。しかし、打継ぎ面を有する構造部材に関する既往の研究は少なく、その構造性能は明らかにされていない部分が多い。

そこで本研究では、鉛直打継ぎ面を有するRC造梁部材を対象に、片持ち梁形式で曲げせん断加力実験を実施した。鉛直打継ぎ材には、従来より用いられているエキスバンドメタルとラスを用いた。実験の目的は、鉛直打継ぎ材の有効性を確認することである。そこで鉛直打継ぎ面を有する梁部材が持つ強度や変形性能、および破壊状況などへの鉛直打継ぎ材が及ぼす影響を一体打ち梁部材のそれらと比較検討した。

## 2. 試験体

表-1に試験体一覧を、図-1に試験体の形状と配筋および梁断面を示す。実験因子は①鉛直打継ぎ面の有無、②鉛直打継ぎ材の種類、および③鉛直打継ぎ面への作用応力とした（以下、鉛直打継ぎ面および鉛直打継ぎ材を、単に打継ぎ面および打継ぎ材という）。

製作した計5体の試験体は、作用応力の大小で大きく2つのタイプ（曲げ破壊型：A-type、曲げ降伏後のせん断破壊型：B-type）に分類される。A-typeの試験体2体は、打継ぎ面に比較的小さなせん断応力（ $\tau=1.1\text{MPa}$ 程度）が作用するように計画したものである。A-1が一体打ち試験体、A-2が打継ぎ面（打継ぎ材：エキスバンドメタル）を有する試験体である。B-typeの試験体3体は、A-type試験体の梁断面とせん断補強筋の配筋および材料特性を同一とし、せん断スパン比および主筋の材料特性をかえて、打継ぎ面に約4倍のせん断応力（ $\tau=4.1\text{MPa}$ 程度）が作用するように計画したものである。

表-1 試験体一覧

試験体	梁形状 (mm)	主筋	せん断 補強筋	打継ぎ材
A-1	250×500	5-D16	2-D10@50	一体打ち
A-2	×1000	( $p_t=1.00\%$ )	( $p_w=1.14\%$ )	エキスバンドメタル
B-1	250×500	5-D19	2-D10@50	一体打ち
B-2	×750	( $p_t=1.45\%$ )	( $p_w=1.14\%$ )	エキスバンドメタル
B-3				ラス

\*1 ハザマ技術研究所 技術開発部 (正会員)

B-1が一体打ち試験体、B-2とB-3が打継ぎ面（打継ぎ材：それぞれエキゾット、ラス）を有する試験体である。なお全試験体とも打継ぎ材を埋設した位置は、材長方向の基礎上面と加力位置の中央部とした。試験体は、実際の施工状況を模擬するように横置きで製作した。先に基礎から打継ぎ面までのコンクリートを打設し、4日後に他の部分のコンクリート（後打ちコンクリート）を打設した。表-2に使用した材料の特性（(a)鉄筋、(b)コンクリート）を示す。

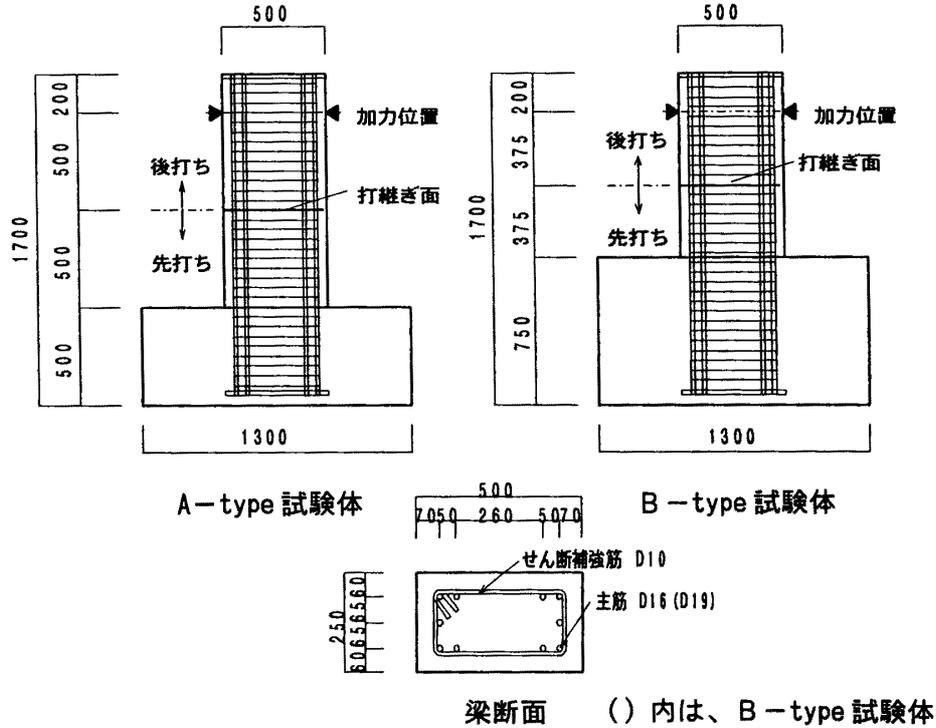


図-1 試験体形状と配筋

単位 (mm)

表-2 材料特性

(a)鉄筋 (単位 MPa)					(b)コンクリート (単位 MPa)			
呼び名	降伏強度 $\sigma_y$	引張強度 $\sigma_{max}$	ヤング係数 $E (\times 10^5)$	伸び率 (%)	試験体名	圧縮強度 $\sigma_c$	割裂強度 $\sigma_t$	ヤング係数 $E (\times 10^4)$
D 1 0	410	590	1.90	22.7	A-1	30.8	2.2	2.41
D 1 6	390	570	1.79	22.7	A-2	30.7	2.5	2.52
D 1 9	730	980	1.69	12.3	A-2	28.8*	2.5*	2.96*
					B-1	33.2	2.5	2.79
					B-2	31.6	2.4	3.00
					B-2	31.5*	2.5*	2.59*
					B-3	32.4	2.6	2.48
					B-3	31.6*	2.4*	2.31*

\*: 後打ちコンクリートの値を示す。

### 3. 加力・計測方法

図-2に加力装置および加力点のディテールを示す。また表-3に加力スケジュールを示す。

加力は試験体の基礎部分をロ型フレームの下部鉄骨に固定し、鉄骨柱に水平に取り付けた500kN押し引き油圧ジャッキを用いて梁上部に正負交番の繰返し载荷を行った。なお加力の制

御は表-3に示す加カスケジュールに従い変形部材角(R)で行った。ここで変形部材角(R)とは、加カ位置における水平変位( $\delta$ )を基礎上面から加カ位置までの高さ(H)で除した値である。荷重の計測は、油圧ジャッキ先端のロードセルで行った。その他加カ位置における水平変位および打継ぎ面の目開きなどを高感度変位計で計測した。さらに鉄筋の主要な位置にひずみゲージを貼付し、ひずみ度の計測を行った。

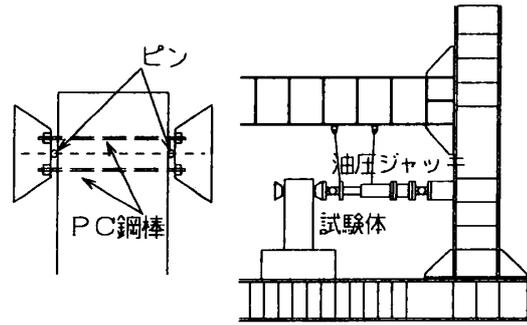


図-2 加カ点ディテールと加カ装置

表-3 加カスケジュール

サイクル	1	2	3,4	5,6	7,8	9,10	11	12	13
R ( $\times 10^{-3}$ rad)	1	2	5	7.5	10	20	30	40	50

#### 4. 実験結果

##### 4.1 破壊状況

図-3にA-type試験体の最終ひび割れ状況 ( $R=50 \times 10^{-3}$ rad)とB-type試験体の最大荷重時 ( $R=20 \times 10^{-3}$ rad)のひび割れ状況を示す。

A-typeおよびB-type試験体とも、 $R=0.5 \times 10^{-3}$ rad付近で梁端部に曲げひび割れを生じた。また打継ぎ面を有する試験体では、梁端部の曲げひび割れ発生とほぼ同時に打継ぎ面に沿ったひび割れが生じた。しかしそのひび割れは加カ最終までほとんど進展しなかった。

A-typeとB-typeの打継ぎ面を有する試験体は、打継ぎ面にひび割れが見られた以外は、一体打ち試験体の破壊状況とほとんど差が見られなかった。

##### 4.2 荷重-変形関係

図-4にA-typeおよびB-type試験体の荷重(Q)-変形部材角(R)関係を示す。図-4の横軸は変形部材角Rであり、縦軸はロードセルで計測した水平荷重である。A-typeおよびB-type試験体とも、打継ぎ面を有する試験体は、それぞれ一体打ち試験体と同等の荷重-変形性能を示した。

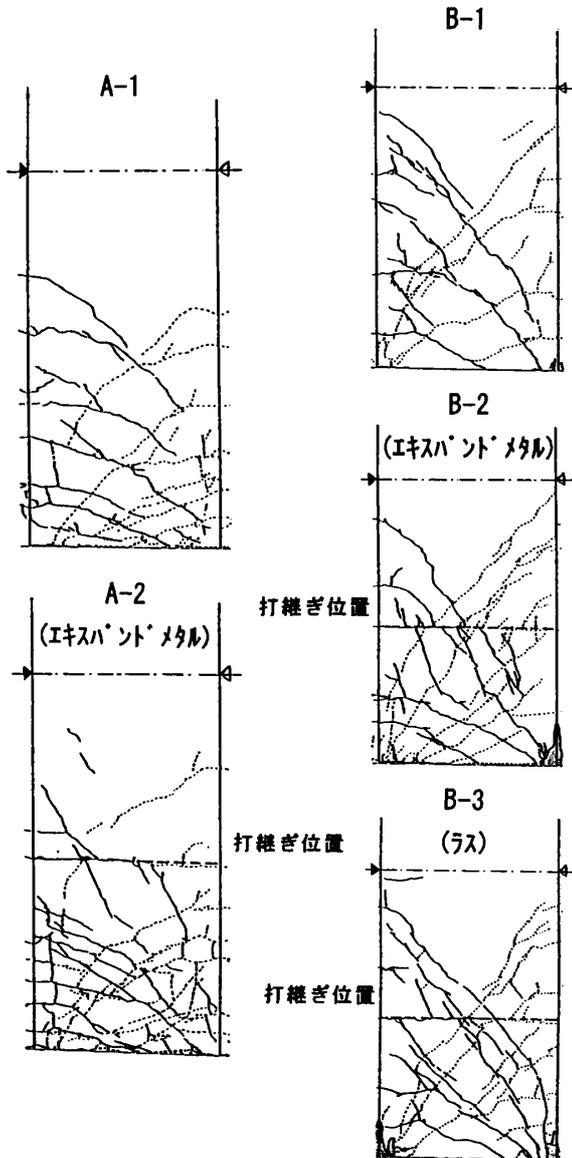


図-3 ひび割れ状況

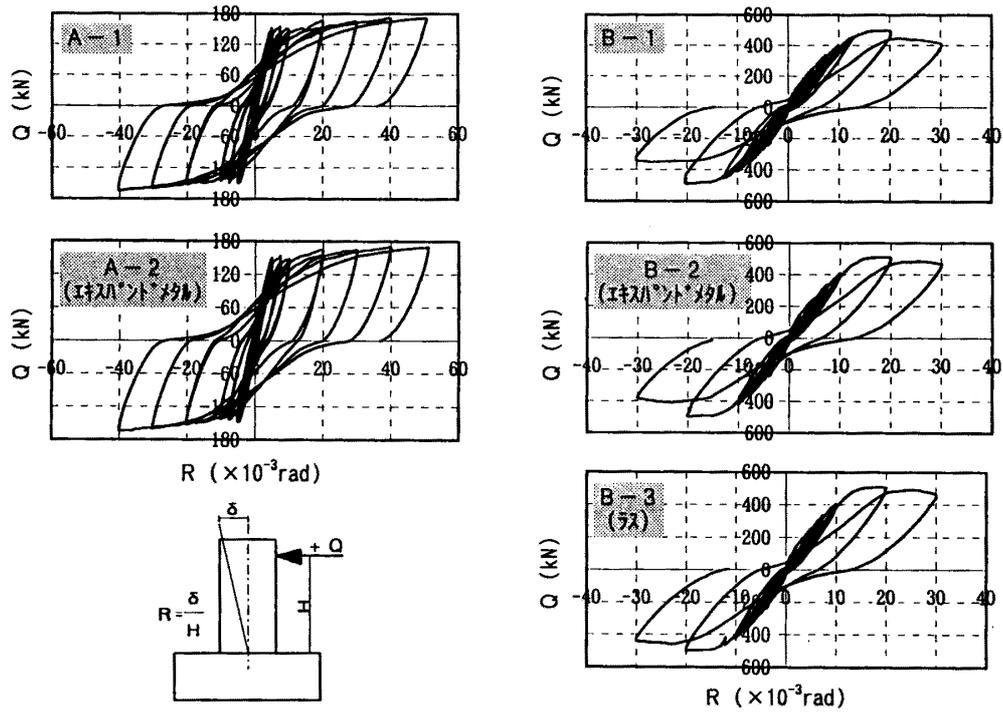


図-4 荷重 (Q) - 変形部材角 (R) 関係

4.3 諸荷重一覧

表-4に各試験体の諸荷重一覧として、実験で得た諸荷重とその時の変形および耐力計算値<sup>[1]</sup>を示す。

A-type および B-type 試験体とも、打継ぎ面の有無にかかわらず、梁端部の曲げひび割れ発生荷重、最大荷重およびその時の変形は一体打ち試験体とほとんど変わらなかった。

表-4 諸荷重一覧

試験体		A-1	A-2	B-1	B-2	B-3
初期剛性*1 (kN/mm)		11.2	10.3	15.7	18.7	22.9
曲げひび割れ発生荷重	Qcr (kN)	47	48	56	50	54
	R (x 10 <sup>-3</sup> rad)	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5
打継ぎ面ひび割れ発生荷重	Q (kN)	-	48	-	50	54
	R (x 10 <sup>-3</sup> rad)	-	0.6	-	0.3	0.4
最大荷重	Qmax (kN)	172	170	500	510	507
	τ max (MPa) *2	1.4	1.4	4.0	4.1	4.1
	R (x 10 <sup>-3</sup> rad)	50.7	51.1	20.0	18.8	19.1
曲げ強度計算値*3	Qmu (kN)	138	138	498	498	498
実験値/計算値	Qmax/Qmu	1.24	1.23	1.00	1.02	1.02

\*1: 初期剛性はひび割れ発生前の数ステップの接線勾配の平均値

\*2:  $\tau = Q / (b \cdot D)$  Q: 作用せん断力、b: 梁幅、D: 梁せい

\*3:  $M_{mu} = 0.9 \sum (a_i \cdot \sigma_{wy}) \cdot d$  a<sub>i</sub>: 引張側の主筋断面積、

σ<sub>wy</sub>: 主筋の降伏点強度、d: 有効せい

4.4 鉄筋のひずみ度

図-5にA-type および B-type 試験体の主筋のひずみ度分布を示す。図-6に打継ぎ面（一体打ち試験体

は試験区間中央部）上下のせん断補強筋のひずみ度分布を示す。図-5および図-6の横軸は、ジャッキ取付側の主筋が引張側になるときに示した主筋およびせん断補強筋のひずみ度である。図-5の縦軸は基礎上面からひずみゲージ貼付位置までの高さである。図-6の縦軸はロードセルで計測した水平荷重である。A-type 試験体では R=50 x 10<sup>-3</sup>(rad)までの、B-type 試験体で

は  $R=20 \times 10^{-3}(\text{rad})$  までの繰り返しを除く各サイクルピーク時のひずみ度の値をプロットした。

A-type 試験体の主筋は、打継ぎ面の有無に関らず、 $R=5 \times 10^{-3}(\text{rad})$  で梁端部が降伏ひずみに達した。それ以降、一体打ち試験体 A-1 では梁端部の主筋のひずみ度が增大する傾向を示した。打継ぎ面を有する試験体 A-2 では、梁端部の主筋のひずみ度が減少する傾向を示した。しかしひずみ度の減少による影響が、Q-R 関係に見られないことから、ひずみゲージが剥がれたものと考えられる。B-type 試験体の主筋は、打継ぎ面の有無および打継ぎ材の種類に関らず、 $R=20 \times 10^{-3}(\text{rad})$  で梁端部が降伏ひずみに達した。なお B-type 試験体の主筋のひずみ度分布は、打継ぎ材の種類および打継ぎ面の有無による顕著な差は見られなかった。

A-type および B-type 試験体のせん断補強筋のひずみ度分布は、一体打ち試験体では、試験区間中央部上下のせん断補強筋のひずみ度の差はほとんど無い。しかし打継ぎ面を有する試験体では、打継ぎ材の種類に関係なく、打継ぎ面上部より下部のせん断補強筋の方が大きなひずみ度を示した。これは早期に打継ぎ面に沿ったひび割れが生じ、打継ぎ面より上側の部分が剛体のような挙動を示したものと考えられるがその梁部材の強度や変形性能、および破壊性状には影響を及ぼしていない。

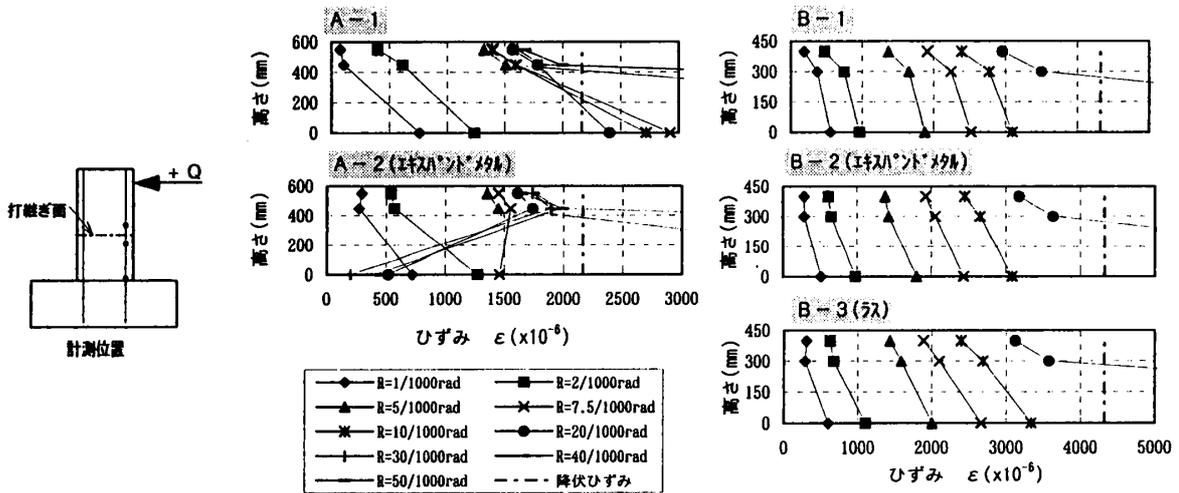


図-5 主筋のひずみ度分布

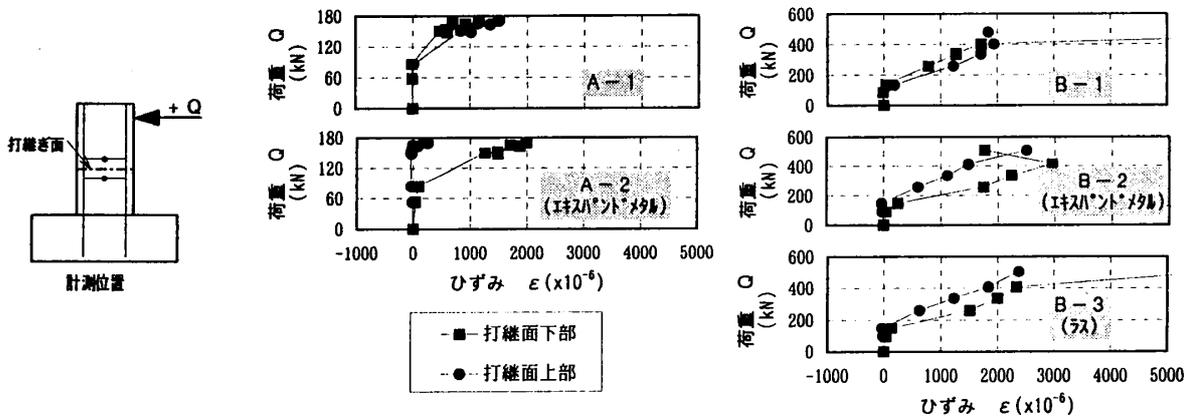


図-6 せん断補強筋のひずみ度分布

#### 4.5 打継ぎ面の挙動

図-7にA-typeおよびB-type試験体の荷重(Q)-打継ぎ面近傍の目開き関係を示す。図-7の横軸は、ジャッキ取付け側の主筋が引張側(A-type試験体は逆側)になるときに示した計測区間(200mm)内のひび割れ幅の合計である。図-7の縦軸はロードセルで計測した水平荷重である。A-type試験体では $R=40 \times 10^{-3}(\text{rad})$ までの、B-type試験体では $R=20 \times 10^{-3}(\text{rad})$ までの繰り返しを除く各サイクルピーク時のひび割れ幅の合計をプロットした。

打継ぎ面を有する試験体A-2のひび割れ幅の合計は、一体打ち試験体A-1よりも小さく $R=5 \times 10^{-3}(\text{rad})$ で最大約0.2mmであった。B-type試験体では、一体打ち試験体に比べて打継ぎ面を有する試験体のほうが大きなひび割れ幅の合計を示した。打継ぎ面を有する試験体B-2とB-3のひび割れ幅の合計は、 $R=20 \times 10^{-3}(\text{rad})$ で約0.7~1.0mmであった。このことから、梁部材の局部的なひび割れ幅増加は、打継ぎ材に起因すると考えられる。しかしながら、Q-R関係の上では、打継ぎ面の有無および打継ぎ材の種類の影響は観察されなかった。

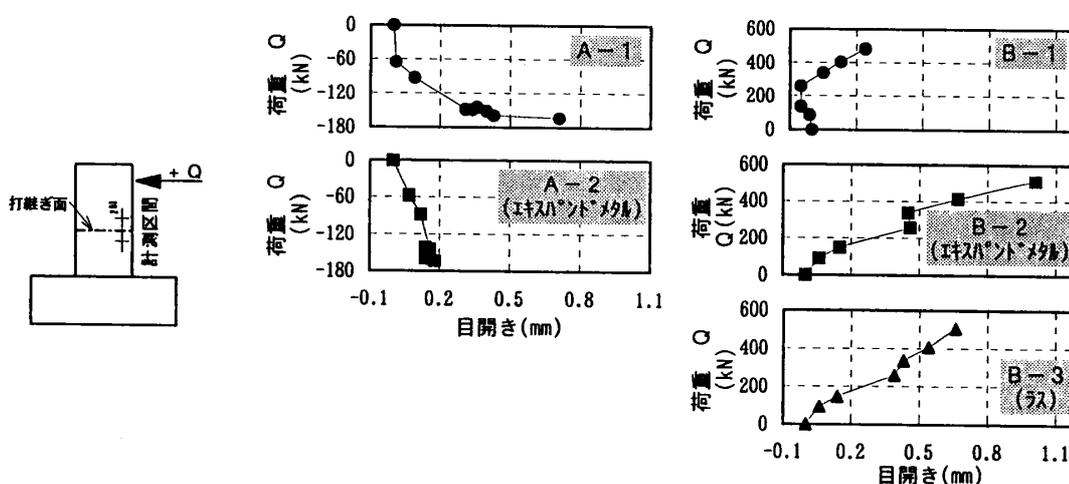


図-7 打継ぎ面の挙動

#### 5. まとめ

鉛直打継ぎ材を用いたRC造梁部材を対象に、曲げせん断加力実験を実施した。本実験の範囲で以下の結果が得られた。

- (1) エキスパンドメタルおよびラスをコンクリートの鉛直打継ぎ材として用いた梁部材の最大荷重、荷重-変形部材角関係および破壊状況などは、一体打ち梁部材のそれらとほぼ同じである。
- (2) エキスパンドメタルおよびラスは、コンクリートの鉛直打継ぎ材として使用が可能であると考えられる。

#### 【謝辞】

本研究の実施にあたり、株式会社東邦建材には打継ぎ材をご提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- [1] 日本建築学会、鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、pp131~142、1988